

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 24 日現在

機関番号：31301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350773

研究課題名(和文) 実戦状況をシミュレートした野球のピッチング - バッティング動作の3次元解析

研究課題名(英文) A three-dimensional simultaneously analysis of baseball pitching and batting motions assumed on the actual game situation

研究代表者

宮西 智久 (MIYANISHI, Tomohisa)

仙台大学・体育学部・教授

研究者番号：20285646

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、投手の球種を打者に告知した状況(球種告知条件)と告知しない状況(球種非告知条件)で投手の投じたボールを打者に打撃させた場合の両条件における打撃のタイミングの違いについて調査することであった。打者9名および投手9名を被験者に用いた。打者に両条件で投げられた球を打つように命じた。打撃の成功試技はジャストミートした試技、失敗試技はそれ以外の試技とした。動作分析装置により分析した結果、球種告知条件において、4打撃局面と3ピッチング局面の間に統計的に有意な正の相関が示された。この結果は、球種非告知条件における打撃ストラテジーは球種告知条件と異なることを示唆するものであった。

研究成果の概要(英文)：The aim of the study was to examine the differences in the timing of the batting motion between a situation in which the batter knew beforehand the type of incoming pitch and a situation in which he did not. Nine pitchers and 9 batters participated in this study. Batters were requested to hit the pitched ball in known-pitch and unknown-pitch situations. A successful trial of the batter was one in which the ball was hit squarely; a failed trial was one that produced a glancing blow. Pitching and batting motions were recorded with video cameras and a motion capture system. In the known-pitch situation, significant positive correlations were found between four batting phases and three pitching phases. The results suggested that the timing strategy of the batting motion in the unknown situation is different from that of the known situation.

研究分野：スポーツバイオメカニクス

キーワード：野球 投打実験 実戦形式 タイミング 成功・失敗試技 3次元動作分析 スポーツバイオメカニクス

1. 研究開始当初の背景

これまでの野球の投球や打撃動作に関するバイオメカニクス研究のほとんどは、投手の投球動作のみ (Sakurai et al 1993; 宮西ほか 1996; 島田ほか 2000), ないしは打者の打撃動作のみ (Mason 1987; 田内ほか 2005; 宮西 2006) を別々に取り扱うことによって多くの有益な知見を明らかにしてきた。しかしながら、実際の試合の場面を想定すると、打者は投手が投じる球種が知られていない状況で、ボールを予測し、タイミングよくバットを振り、ボールを打撃しなければならない。このような実戦的な状況を考慮して、打者の打撃動作をタイミングの観点から検討した研究はほとんど見当たらないようである。

2. 研究の目的

本研究では、高校および大学の硬式野球部員を対象として、投手が球種を告知した場合と告知しない場合において、投手が投じた球種に対して打者がどう対応し打撃を行うのかを、主にタイミングの観点からキネマティクスの比較・検討し明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

実験対象とした被験者は大学リーグ戦績上位校および全国大会常連校の大学および高校の硬式野球部に所属する健全な男子部員であり、右投げの投手9名と右打ちの打者9名であった。

実験はバイオメカニクス実験棟において実験日を変えて計3回実施した。被験者に十分なウォーミングアップを行わせた後、身体各部位へ計測点用のマーカーを取り付けた。

実戦の試合状況を想定し、投手にマウンド上からストライクゾーンへ向かって投じさせたボールを打者に打撃させるという実験を実施した。なお、実験は2つの条件を設定した。1つは投手があらかじめ投げる球種(直球、カーブボール、スライダー)を打者に告知した状況で打撃を行わせた条件(球種告知条件)、もう1つは投手が球種を打者に告知しない状況で打者に打撃を行わせた条件(球種非告知条件)であった。球種告知条件では各打者に直球81球、変化球54球計135球(実験3回の合計)、一方、球種非告知条件では各打者に直球124球、変化球61球計185球(同合計)の打撃を行わせた。

各試技の撮影は、投球方向の右側方および右斜め後方に設置した高速度ビデオカメラシステム(NAC社)と光学式モーションキャプチャシステム(Vicon Motion Systems社)を併用し行った。これらの異機種間システムの同期にはLED信号を用いた。また試技の撮影と同時に投手と打者の両足に作用する地面反力をマウンドとバッターボックスに埋設した2台のフォースプレート(Kistler社)を用いて測定した。地面反力データは1KHz

でサンプリングしパソコンに取り込んだ。打撃時のボールとバットのインパクト時点を推定するためにマイクロフォンを用い、打撃音信号をパソコンに取り込んだ。なお、本研究では打撃位置から地面に設置されたマイクロフォンまでの距離2.6mと音速343.26m/sを考慮し、音信号が出力した8ms前の時点をインパクト時点とした。

本研究では、直球のみを分析の対象とした。球種告知条件の打者の成功試技は13試技、失敗試技は8試技であった。一方、球種非告知条件の打者の成功試技は11試技、失敗試技は11試技であった。各条件において、さらに打撃コース(中コースと外角コース)の条件で選定した結果、成功試技および失敗試技においてそれぞれ5試技を抽出し、以下の分析を行った。

投手の投球動作と打者の打撃動作についてそれぞれ5局面を定義した(投手:投球局面 T_{1p} 、投げ腕引き上げ期 T_{2p} 、踏出脚挙上期 T_{3p} 、投手踏出期 T_{4p} 、加速期 T_{5p} 、打者:打撃局面 T_{1b} 、テイクバック期 T_{2b} 、軸脚加重期 T_{3b} 、打者踏出期 T_{4b} 、スウィング期 T_{5b})。各条件を比較検討するために、以下の力学パラメータを算出した:投手および打者の局面時間、投手のリリース時のボール速度およびボール移動距離、打者の身体重心前後方向移動距離および移動速度、上脛・下脛・体幹部およびバットの水平面内回転角度と回転速度(打撃局面における平均および最大値)、スウィング期の左肩(SJM)、左肘(EJM)、左股(HJM)、左膝(KJM)の各関節運動指標。

統計処理として、試技条件(球種告知条件、球種非告知条件の2水準)、打撃結果(成功と失敗の2水準)による2要因分散分析を行った。投手と打者の各局面時間の相関を検討するため、Pearsonの積率相関によって処理を行った。有意水準は5%未満に設定した。

4. 研究成果

(1) 投手の投球に対する打者の打撃反応

球種告知条件では、打撃局面(T_{1b})、テイクバック期(T_{2b})、軸脚加重期(T_{3b})、打者踏出期(T_{4b})の各局面と投球局面(T_{1p})、投球腕引き上げ期(T_{2p})、踏出脚挙上期(T_{3p})の各局面の間に有意な正の相関関係が認められた。一方、球種非告知条件ではすべての局面間に有意な相関関係は認められなかった。

打者は投球されたボールの軌道だけでなく、投球動作からボールの球種やコース、タイミングを予測しながら打撃動作を遂行することが報告されている(Shank and Haywood 1986; Takeuchi and Inomata 2009; 田中ほか 2010)。また、井尻(2015)は、ボールの軌道が予測された状況下では、打者はボールがリリースされる前に運動開始の準備を行い、タイミングを合わせる事が可能であると述べている。上述したように、本研究では球種告知条件において、投手の投球動作に対

して打者の打撃動作を合わせるような結果が示された。これは、球種告知条件では、投手の球種が打者にあらかじめ伝えられたため、打者は投手が投じるボールの軌道を予測しやすかったのではないかと考えられる。そのため、前もって投手の動作時間に対して打者は同調的にタイミングを調整して、打撃を行うことができたものと考えられる。

一方、球種非告知条件では、打者は投手が投げる球種を知らされていないため、ボールの軌道を予測することが困難になると考えられる。そのため、球種告知条件のように、打者は自らの動作を前もって投手の投球動作に対して同調的にタイミングを合わせることに困難になるため、投手がボールを離れた後にタイミングを調整して打撃を行ったのではないかと考えられる。

(2) 体幹とバットの動き

打撃局面の平均下胴回転速度は、球種非告知条件が球種告知条件よりも有意に大きかった。また、平均上胴回転速度も、球種非告知条件が球種告知条件よりも大きい傾向がみられた。スウィング期の最大バット回転速度についてみると、球種非告知条件が球種告知条件よりも有意に大きかった。また最大上胴回転速度および最大下胴回転速度においても球種非告知条件が球種告知条件よりも大きい傾向がみられた。

Breen (1967)は、一流といわれている打者はヘッドスピードが大きく、決断時間が長いことを報告している。REL から TON-B までの時間は球種告知条件では 0.272 ± 0.044 s、球種非告知条件では 0.294 ± 0.036 s であり、球種非告知条件が球種告知条件よりも長い傾向がみられた。すなわち、球種非告知条件が球種告知条件よりも、より長い時間をかけてボールを見極めていた可能性が考えられる。また、TON-B 時におけるボール移動距離についてみると、球種告知条件では 10.791 ± 1.470 m、球種非告知条件では 11.644 ± 1.164 m であり、球種非告知条件が球種告知条件よりもボールをより手元まで引きつけてスウィングしている傾向が示された。

これらのことから、球種非告知条件は球種告知条件に比べ打撃の難易度が高いため、体幹やバットの回転速度を増大させることでボールをより手元まで引きつけて打撃を行っていたのではないかと考えられる。

(3) スウィング期の上肢の動き

スウィング期の関節運動指標は、各条件の要因において、左肩関節 (SJM_x) と左肘関節 (EJM_x) の左右方向の指標値に有意な主効果が認められ、球種非告知条件は球種告知条件よりも大きかった。石田ほか (2000) はインパクト前 0.077 s から 0.154 s まではバットの運動を調節可能であると述べている。関節運動指標はスウィング期における関節の変動 (ばらつき) を示しているが、石田ほかの報告に基づけば、スウィング期であっても打

撃の調節が可能であると考えられる。また、浅見 (1987) はバットのどの部分をどのような角度でボールにぶつけるか、手首などの末端部分の関節の動きが最も重要だと述べている。先に論議したように、球種非告知条件では、打者は球種が知らされていないため、投手がボールを離れた後にタイミングを調整して打撃を行っている可能性があることを指摘した。このことを踏まえれば、球種非告知条件では左肩と左肘のばらつきが大きくなることも理解できる。球種非告知条件では、リリース後の打撃上肢のバットコントロールの重要度が増しているのかもしれない。

(4) 要約

本研究では、野球を専門的に実施している高校および大学の硬式野球部の投手と打者を対象として、投手が球種を告知した場合と告知しない場合において、投手が投じた球種に対して打者がどう対応し打撃を行うのかを比較・検討した。その結果、以下の知見が得られた。

- ① 球種告知条件では打撃局面 ($T1_B$)、テイクバック期 ($T2_B$)、軸脚加重期 ($T3_B$)、打者踏出期 ($T4_B$) の各局面と投球局面 ($T1_P$)、投球腕引き上げ期 ($T2_P$)、踏出脚挙上期 ($T3_P$) の各局面の間に有意な正の相関が認められた。一方、球種非告知条件ではいずれの変数間においても有意な相関関係は認められなかった。
- ② 打撃局面の平均下胴回転速度は、球種非告知条件が球種告知条件よりも有意に大きかった。
- ③ 打撃局面の最大バット回転速度は、球種非告知条件が球種告知条件よりも有意に大きかった。
- ④ スウィング期の関節運動指標は、球種非告知条件が球種告知条件より左肩関節 (SJM_x) と左肘関節 (EJM_x) の指標が有意に大きかった。

以上のことから、球種告知条件では、打者は投手の投球動作に同調的にタイミングを合わせていることが明らかにされた。球種非告知条件では、打者は投手の動作に同調的にタイミングを合わせることに困難になるため、体幹とバットの回転速度を増加させるとともに、上肢を使ってバットをコントロールしている可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

- 1) 遠藤壯、宮西智久、野球打者の成功・失敗試技のタイミングについて：実戦状況をシミュレートした野球の投-打動作分析、日本野球科学研究会第 2 回大会報告集、査読無、2015、pp.59-61。
(<http://baseballscience.net>)
- 2) 遠藤壯、宮西智久、野球打者の成功・失

敗試技のタイミングについて：実戦状況をシミュレートした野球の投-打動作分析：第2報、日本野球科学研究会第3回大会報告集、査読無、2016、pp.102-103。
(<http://baseballscience.net>)

- 3) 遠藤壮、宮西智久、野球の打撃動作における直球のタイミング調整に関するバイオメカニクス研究-球種告知と球種非告知条件の比較において-、仙台大学大学院スポーツ科学研究科修士論文集、査読有、第17巻、2016、1-8.
- 4) Miyanishi, T., and Endo, S., A biomechanical study of timing in baseball batting against a pitched fastball: comparison of batting situations with and without prior knowledge of the type of pitch, The Proceedings of the 34th International Conference on Biomechanics in Sports, 査読有, 2016. [in press] (<http://isbs.org>)

[学会発表] (計3件)

- 1) 遠藤壮、宮西智久、野球打者の成功・失敗試技のタイミングについて：実戦状況をシミュレートした野球の投-打動作分析、日本野球科学研究会第2回大会、2014年11月29日、国立スポーツ科学センター（東京都・北区）。
- 2) 遠藤壮、宮西智久、野球打者の成功・失敗試技のタイミングについて：実戦状況をシミュレートした野球の投-打動作分析：第2報、日本野球科学研究会第3回大会、2015年12月13日、中京大学名古屋キャンパス（愛知県・名古屋市）。
- 3) Miyanishi, T., and Endo, S., A biomechanical study of timing in baseball batting against a pitched fastball: comparison of batting situations with and without prior knowledge of the type of pitch, The 34th International Conference on Biomechanics in Sports, 2016年7月18日-22日、筑波大学（茨城県・つくば市）。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮西 智久 (MIYANISHI Tomohisa)
仙台大学・体育学部・教授
研究者番号：20285646

(2) 研究分担者

柴山 一仁 (SHIBAYAMA Kazuhito)
仙台大学・体育学部・講師
研究者番号：50634060

門野 洋介 (KADONO Hirotsuke)
仙台大学・体育学部・講師
研究者番号：20601016

図子 浩二 (ZUSHI Koji)
筑波大学・体育系・教授
研究者番号：70284924